

INSTANDHALTUNG UND REPARATUR VON SCHWEISS-KONSTRUKTIONEN DURCH HÖHERFREQUENTES HÄMMERN

In der Praxis bewährt

Peter Gerster, Ehingen/Donau

In Heft 9/2009 wurde bereits ausführlich über die Vorteile der PIT-Technologie als höherfrequentes Hämmerverfahren zur Verlängerung der Lebensdauer bzw. Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit von Schweißkonstruktionen berichtet. Dieser Beitrag erläutert an Hand von Praxisbeispielen speziell die Einsatzmöglichkeiten und Vorteile bei Instandhaltung und Reparatur.

Die PIT(Pneumatic Impact Treatment)-Technologie wurde von der PITEC GmbH, Heudorf, entwickelt. Dieses höherfrequente Hämmerverfahren verfestigt die behandelte Oberfläche, bringt Druckeigenstressungen im oberflächennahen Bereich ein und verringert bei Schweißnähten wesentlich die Kerbwirkung der Nahtübergänge. Die beim Schweißen entstehenden sehr hohen Zugeigenstressungen im Nahtübergang, die üblicherweise Werte bis zur Streckgrenze erreichen können, wer-

den mit gleich hohen Druckeigenstressungen überlagert. Das Verfahren zeichnet sich dabei insbesondere durch einfache Bedienbarkeit und hohe Reproduzierbarkeit aus. Aus diesem Grund setzt sich diese Technologie in der Industrie immer mehr durch, sowohl in der Neufertigung als auch bei der qualifizierten Sanierung von Schweißkonstruktionen.

Bei diesem Verfahren zur Ertüchtigung von Schweißnähten lassen sich Frequenz und Schlagkraft unabhängig voneinander regeln.

Nur dadurch ist es möglich, den verschiedenen Anforderungen der unterschiedlichen Werkstoffe gerecht zu werden. Gehärtete Bolzen, die in der Geometrie an die jeweilige Anwendung angepasst sind, übertragen die mechanischen



◀ Bild 1. Die kompakten Abmessungen des Handgeräts ermöglichen einen Einsatz auf der Baustelle.



Bild 2. An den hochbeanspruchten Bohrungen dieses Strangpressen-Laufholms traten Risse auf.

Impulse auf eine zu behandelnde Oberfläche. Dazu nutzt das Gerät den sehr zuverlässig und verschleißarm arbeitenden „Fluidic Muscle“ der Festo AG & Co. KG, Esslingen. Um die Vibrationen durch das höherfrequente Hämmer für den Bediener möglichst gering zu halten und um die Reproduzierbarkeit unabhängig vom Bediener sicherzustellen, arbeitet das System gegen ein weiteres Federsystem, sodass das Handgerät von der Schlagkraft vollkommen entkoppelt ist.

Bild 1 zeigt das Handgerät im Einsatz. Mit Hilfe eines Steuergeräts lassen sich die entsprechende Frequenz über einen Stufenschalter sowie Druckluft und damit Schlagkraft stufenlos einstellen. Die Abluft wird nach vorne zum Bolzen abgeführt. Dies hat die Vorteile, dass:

- Lackpartikel, Metallspänchen und sonstige Verunreinigungen weggeblasen und nicht ungewollt in den Werkstoff eingedrückt werden,
- die ausströmende Luft den oder die Bolzen kühlt und somit keine weitere Bolzenkühlung erforderlich ist.

Die kompakte, transportable Anlage ermöglicht auch eine Behandlung auf Baustellen. Es gibt praktisch mehrere Möglichkeiten, diese Technologie einzusetzen:

- Behandlung der Nahtübergänge, um die Ermüdungsfestigkeit zu erhöhen,
- Behandlung jeder einzelnen Lage beim Schweißen, um die Eigenstressungen niedrig zu halten,
- flächige Behandlung der Metalloberfläche in kritischen Zonen (Zonen mit hohen Spannungsspitzen durch die Belastung, zum Beispiel Radienübergänge), um Druckspannungen einzubringen.

Je nach Einsatzfall lassen sich die verschiedenen Möglichkeiten kombinieren.

Einsatz in verschiedenen Industriebereichen

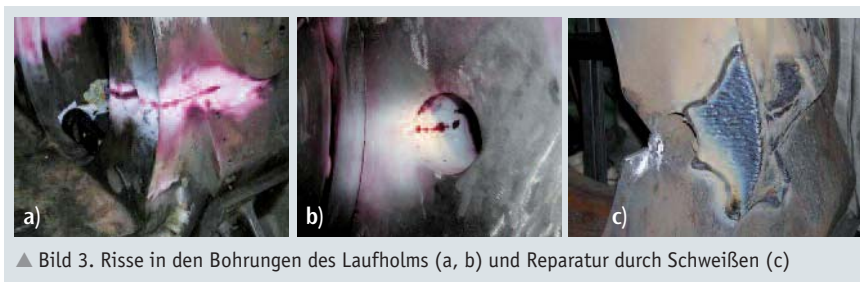
Reparatur einer 32-MN-Strangpresse. Bei der Wieland-Werke AG, Ulm, traten an den hochbeanspruchten Bohrungen des Laufholms einer 32-MN-Strangpresse (**Bild 2**) Risse auf. **Bilder 3a** und **3b** zeigen die gerissenen Bohrungen, während in **Bild 3c** die Risse ausgefügt und teilweise bereits geschweißt sind. Nach dem ersten Reparaturversuch gab es

nach kurzer Beanspruchung der Presse im Betrieb wieder Risse im reparierten Bereich. Die endgültige Lösung des Maschinenherstellers war ein vierteiliger Laufholm aus geschmiedeten Teilen. Die Lieferzeit dieser Schmiedeteile betrug etwa zwölf Monate. Um die Anlage in dieser Zeit ohne weitere Ausfälle weiter betreiben zu können, suchte die Firma nach einer Lösung und fand diese in dem höherfrequenten Hämmern (**Bild 4**).

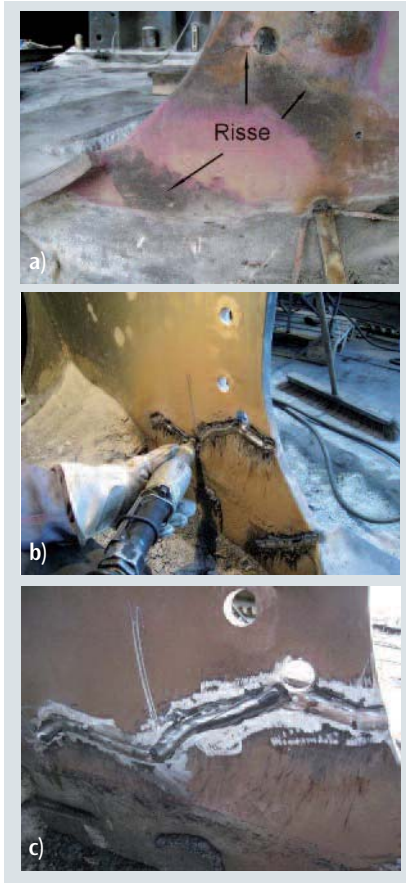
Die Schweißarbeiten führte die besonders auf solche Arbeiten spezialisierte Caspar Hahn GmbH & Co. KG, Remscheid, durch. In diesem Fall wurden in die kritischen Oberflächenzonen großflächig Druckeigenspannungen eingebracht. Bis zum Austausch des Laufholms durch die Schmiedeteile nach 13 Monaten lief der so reparierte und damals noch mit dem UIT-Verfahren behandelte Laufholm ohne weitere Rissbildung. „Der Praktiker“ berichtete bereits im Jahr 2008 über das UIT(Ultrasonic Impact Treatment)-Verfahren [1; 2] als Vorläufer-technologie des PIT-Verfahrens.

Reparatur einer Feinstaub-Kugelmühle.

Im Laufe der Zeit entstanden durch die periodisch schwingenden hohen Belastungen im Betrieb einer Feinstaub-Kugelmühle in der Grundsäule im Mannlochbereich Risse. **Bild 5** zeigt die Kugelmühle mit dem Mannloch und **Bild 6a** die vorhandenen Ermüdungsrisse. Diese Risse wurden als Erstes von der Innenseite ausgefugt und mit einem Kugelfräser ausgefräst (**Bilder 6b und 6c**). Die Schweißnähte wurden mit basisch umhüllten Stabelektroden geschweißt (**Bild 7a**) und anschließend Lage für Lage mit PIT behandelt (**Bild 7b**). Hier zeigt sich der Vorteil dieser Technologie gegenüber den konventionellen Hämmerverfahren: Durch die Entkopplung des Hammers über das Federsystem spürt der Bediener bei einer Anpresskraft von etwa 2 kg praktisch keine Vibration bei einer immer gleichmäßigen Schlagkraft unabhängig vom Bediener. Das Gerät schaltet weggesteuert automatisch ein. Durch das Hämmern jeder Lage verringern sich die beim Schweißen entstehenden Zugeigenspannungen jedes Mal stark, sodass das Eigenspannungsniveau der gesamten Schweißverbindung relativ niedrig bleibt. Nach Abschluss der Schweißarbeiten werden innen und außen die gesamte Nahtoberfläche und die Wärmeeinflusszone mit PIT behandelt, um



▲ Bild 5. Durch die stetigen hohen Belastungen während des Betriebs dieser Kugelmühle traten Risse im Mannlochbereich auf.



► Bild 6. Vorhandene Ermüdungsrisse (a), Ausfugen und Fräsen der Rissinnenseite (b) und gefräste Nut mit Riss zum Schweißen (c)

in den oberflächennahen Bereich zusätzlich Druckeigenspannungen einzubringen. Erfahrungsgemäß halten so behandelte Schweißnähte deutlich länger als die unbehandelten.

Reparatur der Fahrwerksrahmen von Schienenfahrzeugen. Ein europäischer Betreiber von Eisenbahnwaggons stellte nach

mehrfjährigem Einsatz Ermüdungsrisse im Fahrwerksbereich der Waggons fest. Diese Waggons wurden aus dem Verkehr gezogen. Ein Gutachter des Eisenbahnamts schlug aufgrund von Erfahrungen für die Reparatur die-

ser Fahrwerksrahmen den Einsatz der PIT-Technologie vor. Weitere Vorversuche mit geschweißten Probekörpern an der Universität Stuttgart zeigten ebenfalls hervorragende Ergebnisse. Diese ermutigten die Firma, einen kompletten, bereits ermüdeten und an verschiedenen Stellen gerissenen Rahmen mit dieser Technologie zu reparieren (**Bild 8**) und dann in Schwingungsversuchen auf einem Großprüfstand unter entsprechenden Belastungen zu testen (**Bild 9**). Auch bei dieser Anwendung wurde bei der Reparaturschwei-

ßung jede Lage mit PIT behandelt, um die Eigenspannungen niedrig zu halten.

Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass selbst zu 80 bis 90% vorbelastete Proben, das heißt Proben kurz vor dem Erreichen der Lebensdauergrenze, bei einer präventiven Behandlung eine fast gleiche Verlängerung der Lebensdauer erreichen wie im Neuzustand behandelte Bauteile. Deshalb ist es sinnvoll, rissgefährdete Bauteile bereits vor dem Entstehen des Risses, also vorsorglich, an den gefährdeten Stellen mit PIT zu

behandeln. Aufgrund dieser Erkenntnisse behandelte der Anwender zusätzlich zu den Schweißreparaturen auch die Anbauteile am Rahmen präventiv mit PIT. Der so behandelte Rahmen wurde auf dem Prüfstand mit den vorgegebenen Belastungen bis zu einer Lastwechselzahl von zwölf Millionen geprüft, wobei keine der behandelten Schweißnähte gerissen sind.

Erneuerung einer Rührwerkswelle. Bei einem Großrührwerk riss eine Welle aus dem Werkstoff 1.4462 (Duplex-Stahl) aufgrund von Ermüdung durch hohe Biegewechselbeanspruchung. Um die Ermüdungsfestigkeit der neuen Welle (**Bild 10**) deutlich zu erhöhen, wurden alle Schweißnähte auf der gesamten Nahtoberfläche einschließlich der Übergänge mit PIT behandelt (**Bilder 11a bis 11c**). Mit dieser Behandlung lassen sich Druckeigenspannungen bis zu einer Tiefe von etwa 2 mm erreichen. Zusätzlich wurde die komplette Welle auch noch kugelgestrahlt, um einer eventuellen Spannungsrissskorrosion vorzubeugen. Eine zwischenzeitlich durchgeführte Inspektion nach bereits längerer als ursprünglicher Laufzeit zeigte keine Anrisse.

Deutlich längere Lebensdauern

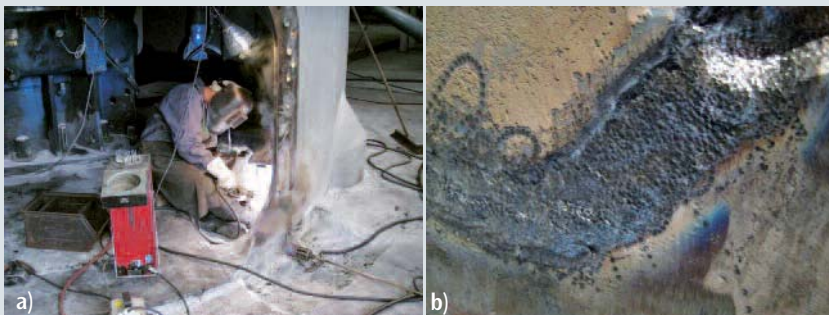
PIT lässt sich bei Bauteilen unterschiedlichster Art einsetzen. So behandelte Übergangsradien von zum Beispiel Achsen und Rollen zeigten deutlich längere Lebensdauern als durch Rollieren. Die Nachbehandlung von Schweißnähten bewirkt eine wesentliche Verlängerung der Ermüdungslebensdauer und Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit von dynamisch belasteten Bauteilen – auch bei bereits bestehenden und damit schon vorbelasteten Konstruktionen. Alternativ lässt sich bei unveränderter Sicherheit der Werkstoff um bis zu 40% reduzieren. Die Technologie kann erfolgreich in verschiedenen Industriebereichen zum Einsatz kommen wie Brückenbau, Offshore, Petrochemie, Rohrleitungs- und Behälterbau, Windkraftanlagen-, Kran- und Fahrzeugbau sowie Bergbauausrüstung. Anwendungsbeispiele sind hochbelastete Maschinenteile, Turbinenschaufeln und Schienenweichen.

Nachdem auch die TÜV Süd Industrie Service GmbH, Mannheim, die Potenziale des Verfahrens erkannt hat, arbeitet das Un-

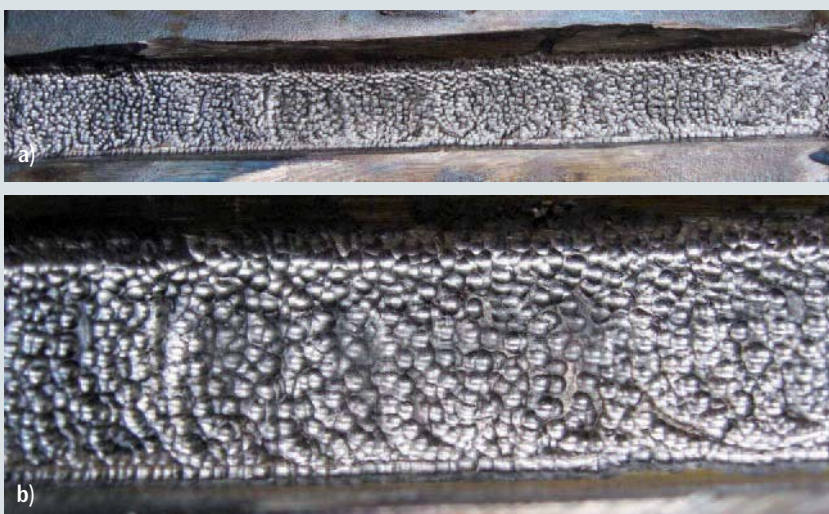
INFO

Schweißnahtnachbehandlung durch Hämmern

Jeder Stahlbauschlosser weiß: Schweißnähte werden durch nachträgliches Hämmern günstig beeinflusst. Deswegen kommen an vielen Schweißkonstruktionen – von Brückenbau über Fahrzeugbau bis hin zu Windkraftanlagen – Hämmerverfahren zur Nachbehandlung von Schweißnähten zum Einsatz. Das Hämmern verbessert die Nahtgeometrie durch plastische Verformung und überlagert die Zugeigenspannungen in der Schweißnaht oberflächennah durch Druckspannungen. Dies erhöht die Ermüdungsfestigkeit der Schweißnaht, was die Lebensdauer verlängert.



▲ Bild 7. Schweißen der Rissinnenseite (a) und mit PIT behandelte Nahtoberfläche (b)



▲ Bild 8. Mit PIT behandelte Wurzellage über die ganze Gurtbreite (a) und in der Vergrößerung (b)

ternehmen nun an einem Konzept mit dem Inhalt: „Optimale Prüfkonzepte unter Einsatz von Nachbehandlungsverfahren zur Verlängerung der Lebensdauer von Komponenten und Schweißkonstruktionen“. Hierbei geht es darum,

- die Komponenten und Schweißkonstruktionen prüfgerecht auszuführen,
- eine Verbesserung der Ermüdungs- und Schwingfestigkeit zu erreichen und
- Schadensauswirkungen zu reduzieren.

So gibt es zum Beispiel beim Einsatz neuer Werkstoffe wie Nickelbasislegierungen in der Praxis Diskussionen, in welcher Form die Schweißnahtoberflächen bzw. -übergänge zu behandeln sind.

Wie die beschriebenen Beispiele zeigen, hat sich die PIT-Technologie vor allem bei Reparaturschweißungen an Bauteilen und bei Sanierungsmaßnahmen bestens bewährt. So erreichten reparierte Bauteile deutlich höhere Lastwechsel als die ursprünglichen Neukonstruktionen. In Heft 9/2009 von „Der Praktiker“ wurde schon über die Reparatur einer Umformpresse in einem LKW-Werk in Frankreich sowie die Sanierung einer Autobahnbrücke in Österreich berichtet. Erst vor kurzem wurde eine Presse in einem belgischen Automobilwerk mit dieser Technologie repariert. Sowohl die Firma Schuler Pressen GmbH & Co. KG, Göppingen, als auch die erfahrene Reparaturfirma Caspar Hahn sind von dieser Technologie überzeugt. Mit beiden Firmen hat der Anbieter der Technologie schon einige Sanierungsprojekte gemeinsam erfolgreich durchgeführt. ■

Literatur

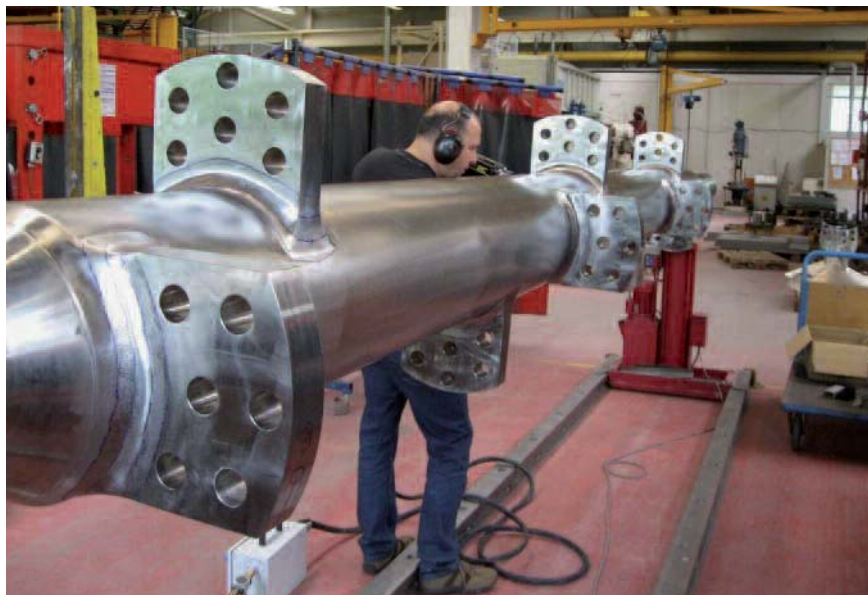
- [1] Gerster, P.: UIT – Eine wirtschaftliche Möglichkeit, die Lebensdauer von geschweißten Konstruktionen wesentlich zu erhöhen. „Der Praktiker“ 60 (2008), H. 6, S. 192–197.
- [2] Gerster, P.: Erhöhte Lebensdauer für geschweißte Rohrknoten im Brückenbau mit Hilfe der UIT-Technologie. „Der Praktiker“ 60 (2008), H. 9, S. 276–281.



Peter Gerster,
Senior Consultant, PITEC
GmbH, Ehingen/Donau,
p.gerster@pitec-gmbh.com



▲ Bild 9. Der Fahrwerksrahmen wurde auf einem Prüfstand Schwingungsversuchen unterzogen.



▲ Bild 10. PIT-Behandlung einer etwa 8 m langen Rührwerkswelle mit einem Durchmesser von etwa 300 mm

▲► Bild 11. Flächige PIT-Behandlung einer kompletten Schweißnaht der Rührwerkswelle (Bilder: Gerster)

